

## STUDI INSTRUMEN CEILOMETER ALLWEATHER 8339 DAN DATA HASIL PENGUKURAN DI STASIUN METEOROLOGI MINANGKABAU PADANG

Serly Samarantika<sup>1)</sup> Asrizal<sup>2)</sup> Zulhendri Kamus<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

Serly17503@gmail.com

### ABSTRACT

The cloud height measurement has important role in aviation field. One of instruments that is used to measure the cloud height is ceilometer. The existence of ceilometer isn't so common in daily life unlike other weather elements measuring device such as thermometer, barometer and so on. This cause lack of learning source and knowledge over the cloud parameters for students or observers. For this reason, the research about ceilometer instrument is important. The aim of this research is to describe the operation principle of ceilometer and to determine the data results interpretation of the instrument to give support for instrument's future development. This research can be classified into the descriptive research category. The object of the research is Ceilometer Allweather 8339 in Minangkabau International Airport and its data results during 14 days. The data was analyzed using analysis descriptive technique. This was executed by collecting any kinds of information from field and literatures. Based on the data analysis can be stated two of research results. First, ceilometer works based on Lidar Principle and using NWS ASOS Sky Condition Algorithm as programming algorithm. The transmitter is InGaAs Laser diode and Avalanche Photo Diode is used as receiver. Second, the measurement result data from 1st July 2017 until 14 July 2017 shows variative pattern in height, sky condition and amount of layers every hours. For example the date that consist of the most low clouds is 7th July 2017 and cloud rarely formed on 3rd July 2017.

**Keywords :** Ceilometer, Cloud height, Lidar, Sky condition

### PENDAHULUAN

Parameter ketinggian dasar awan merupakan salah satu unsur cuaca yang memiliki peranan penting dalam kehidupan. Ketinggian awan memiliki peranan penting dalam analisis curah hujan mengingat presipitasi erat kaitannya dengan kondisi awan. Peranan penting lainnya adalah dalam penerbangan untuk menentukan keamanan dalam transportasi udara. Hal ini disebabkan awan dapat mengganggu pandangan seorang pilot baik untuk mendarat maupun selama berada di udara.

Awan ialah massa terlihat dari tetesan air yang mengalami kondensasi atau kristal beku yang mengapung di atmosfer di atas permukaan<sup>[1]</sup>. Berdasarkan ketinggiannya, awan terbagi menjadi tiga kelompok yaitu awan tinggi, awan menengah dan awan rendah. Awan tinggi berada pada ketinggian 8000m sampai 18000m. Awan yang tergolong awan tinggi adalah awan tipis bergumpal seperti Cirrus, awan tipis berbentuk lapisan seperti Cirrostratus, dan awan bergumpal seperti permen kapas Cirrocumulus. Awan menengah berada pada ketinggian antara 2000m sampai 8000m. Awan yang tergolong awan menengah adalah awan Altostratus yang terlihat seperti awan Cirrostratus namun dalam warna yang lebih gelap, dan Altocumulus yang bergumpal berwarna kelabu. Awan rendah berada pada ketinggian dibawah 2000m. Awan yang tergolong awan rendah adalah awan kelabu gelap Nimbostratus,

awan bertumpuk Stratocumulus, sementara awan dengan warna kelabu merata Stratus<sup>[2]</sup>.

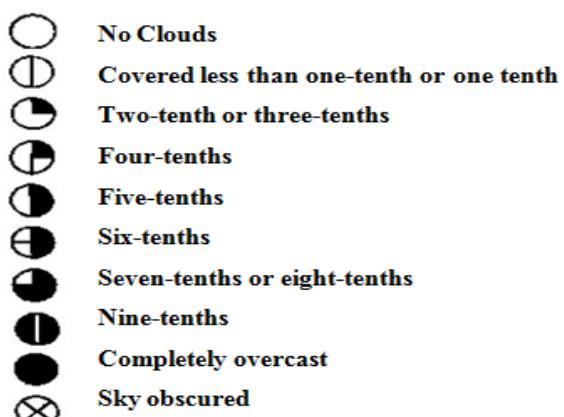
Pengamatan terhadap awan memiliki kepentingan yang besar untuk studi iklim, prediksi cuaca dan keamanan transportasi udara. Awan dapat memantulkan sinar matahari dan juga menangkap radiasi infra merah yang datang dari permukaan. Karena awan adalah indikator yang menyatakan kondisi atmosfer setempat, tinggi awan, tipe dan luas lapisan awan menyediakan wawasan untuk kondisi di berbagai tempat di atmosfer. Pengamatan terhadap awan dilakukan di stasiun meteorologi untuk berbagai kepentingan. Khusus untuk stasiun meteorologi yang beroperasi untuk kebutuhan bandara, parameter awan yang diukur adalah ketinggian awan dan kondisi langit akibat formasi awan. Untuk tujuan meteorologi, observasi dan pengukuran terhadap awan bertujuan untuk mengetahui banyak awan, jenis awan, dan tinggi dasar awan<sup>[3]</sup>. Ketinggian awan biasanya dinyatakan dalam satuan kaki/feet (ft). Sementara formasi awan atau kondisi langit dilaporkan dalam okta atau kelipatnya 8.

Sampai akhir abad lalu, penentuan tutupan awan dan estimasi ketinggian awan umumnya dilakukan oleh pengamat manusia. Sebenarnya, selama bertahun – tahun pengamatan manusia telah merekam tutupan langit oleh awan dalam okta atau sepersepuluh, jumlah awan terendah dan jenis awan di seluruh dunia tiga kali sehari. Dengan informasi

ini seseorang dapat memperkirakan dugaan tinggi dasar awan. Tentunya ini tidak mewakili pengukuran yang eksak, tapi memberikan pendekatan yang sangat bermanfaat sepanjang sejarah<sup>[4]</sup>.

Untuk menggantikan pengamat manusia mendapatkan hasil pengamatan, memberi objektifitas, dan mengurangi biaya pada saat yang bersamaan diciptakan kamera langit. Kamera dapat memotret kondisi langit sepanjang cahaya tampak dan infrared. Kamera dengan spektrum cahaya tampak mendeteksi dan mengelompokkan awan berdasarkan warna dan intensitas antara tipe awan yang berbeda dan langit dengan mengekstrak pixel dari gambar digital langit yang difoto<sup>[4]</sup>.

#### Total Sky Cover



Gambar 1. Simbol Tutupan Langit Oleh Awan Dalam Pengamatan Manual

Instrumen terbaru yang digunakan untuk pengamatan awan adalah ceilometer. Ceilometer adalah instrumen paling umum yang digunakan untuk menentukan ketinggian dasar awan<sup>[5]</sup>. Ceilometer adalah instrumen yang menyediakan perkiraan akurat dan berkelanjutan dari dasar awan sebagai output standarnya<sup>[6]</sup>. Selain ceilometer, penginderaan jarak jauh untuk ketinggian awan juga dapat dengan menggunakan instrumen lainnya, salah satunya adalah instrumen Lidar. Dibandingkan Lidar yang memiliki biaya pembelian dan perawatan yang lebih mahal, ceilometer dapat dikatakan memiliki biaya perawatan yang lebih murah dan berdaya rendah.

Ceilometer yang pertama kali dibuat menggunakan prinsip proyektor sinar yang berputar. Ceilometer ini dinamakan *Rotating Beam Ceilometer* (RBC). RBC digunakan secara luas untuk pemakaian dilokasi yang tetap. RBC terdiri dari transmitter dan receiver yang terpisah jauh sepanjang jarak yang telah ditentukan. Unit transmitter berputar sementara unit receiver diatur sebidang dengan unit transmitter. Awan dengan volume tertentu akan menghasilkan sinar hamburan kembali (*backscatter*) dan dideteksi oleh receiver<sup>[7]</sup>. RBC kemudian digantikan Laser Ceilometer yang menggunakan sinyal laser menentukan ketinggian dasar awan diatas permukaan

tanah. Sistemnya terdiri dari tiga komponen yaitu: transmitter, yang menembakkan laser menuju zenith, detektor, yang menerima berbagai bentuk energi yang dikembalikan ke bumi setelah menumbuk dasar awan, rekorder yang menguatkan sinyal kembali<sup>[8]</sup>.

Tidak seperti alat ukur parameter cuaca lainnya seperti termometer atau barometer, keberadaan ceilometer cukup jarang ditemukan di suatu area. Umumnya ceilometer dapat ditemukan di suatu bandara atau stasiun meteorologi yang melakukan pengukuran terhadap awan. Di Sumatera Barat, ceilometer hanya terdapat di tempat seperti Bandara Internasional Minangkabau dan GAW Kototabang. Hal ini menyebabkan kurangnya pengetahuan dan kajian mahasiswa peneliti mengenai instrumen ceilometer baik itu keberadaan, fungsi alat maupun prinsip kerjanya. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan pembahasan mengenai instrumen Ceilometer sehingga dapat memperkaya pengetahuan baik peneliti maupun pelajar lainnya yang ingin mengetahui prinsip kerja alat ini dari sisi instrumenasi dan juga seperti apa data yang dihasilkan.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Stasiun Meteorologi Kelas II Minangkabau yang terletak di area Bandara Internasional Minangkabau (BIM) di daerah Ketaping. Stasiun meteorologi merupakan salah satu bagian dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). BMKG merupakan Lembaga Pemerintah Non Departemen Indonesia yang mempunyai tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 6 bulan. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan - tahapan tersebut adalah sebagai berikut : penulisan proposal penelitian, menganalisis instrumen, peng-ambilan data, dan pengolahan data.

Jenis penelitian yang akan dilakukan tergolong pada penelitian deskriptif. Dalam penelitian deskriptif ini dilakukan tinjauan kepustakaan yang relevan, mengidentifikasi objek penelitian, menganalisis instrumen, mengambil data dan mengolah data. Penelitian deskriptif dilakukan dengan tujuan untuk menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek yang diteliti secara tepat.

Objek dari penelitian ini adalah instrumen Ceilometer. Ceilometer yang akan dianalisis adalah merk Allweather model 8339 beserta data hasil pengukurnya selama 2 minggu yaitu mulai tanggal 1 Juli 2017 sampai 14 Juli 2017. Agar penelitian dapat dilakukan dengan lancar dan untuk mendapatkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian dikemukakan beberapa rancangan pengukuran dalam penelitian yaitu :

- a. menentukan spesifikasi performansi Ceilometer Allweather 8339 dengan langkah – langkah sebagai berikut: mengambil data ketinggian awan yang direkam Ceilometer lalu mengkonversi data

hasil pengukuran yang berbentuk kode yang biasa digunakan dalam dunia meteorologi menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dipahami

- mendeskripsikan data hasil pengukuran ketinggian awan

Dalam penelitian ini data diperoleh dari hasil pengukuran ketinggian awan oleh Ceilometer Allweather 8339 di BIM. Data ini merupakan data sekunder. Data kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif, analisis instrumen, dan analisis data.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

#### a. Deskripsi Ceilometer Allweather 8339

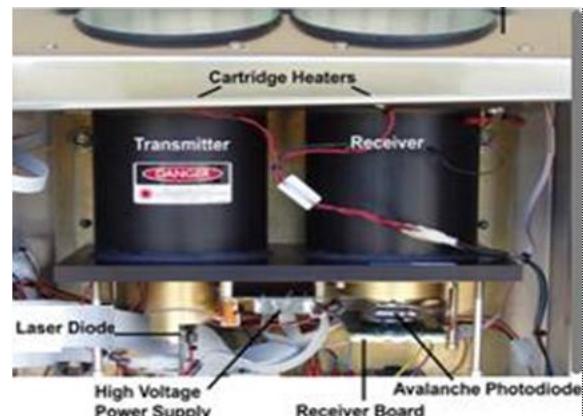
Ceilometer Model 8339 adalah salah satu ceilometer keluaran perusahaan Allweather Inc. Ceilometer model 8339 yang juga dikenal sebagai *Cloud Height Indicator* (CHI) atau Ceilometer AWI 8339 merupakan indikator ketinggian awan yang didesain untuk pemasangan di bandara, stasiun meteorologi, atau dimanapun informasi dasar awan dibutuhkan. Ceilometer ini memiliki kemampuan untuk memantau kondisi langit secara berkala dan melaporkan hingga 4 lapisan dasar awan dan ketinggian 25000 ft diatas permukaan tanah. Dalam pemasangannya di bandara, ceilometer AWI 8339 merupakan salah satu sensor yang tergabung dalam instrumen AWOS 3000 (*Automated Weather Observing System 3000*) yang juga merupakan keluaran perusahaan yang sama<sup>[9]</sup>.



Gambar 2. Ceilometer Allweather 8339

Ceilometer AWI 8339 terdiri dari beberapa bagian yaitu : Modul Optik, Power supply, Circuit Breaker, Board Akuisisi data, dan heater/blower (optional). Modul optik terdiri atas transmitter laser, receiver, komponen pendekripsi kekotoran window,

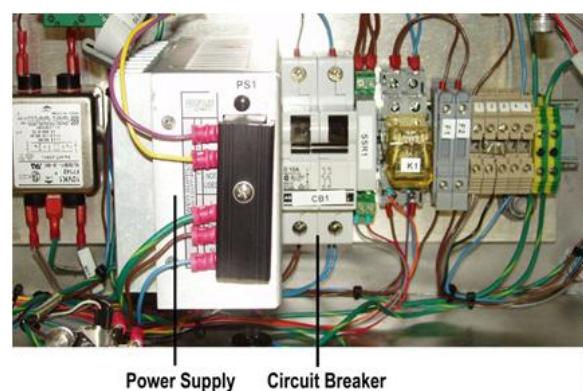
filter interferensi, dan pembatas tegangan tinggi. Transmitter yang digunakan adalah  $905 \pm 10$  nm InGa As laser dioda. Receiver yang digunakan adalah interference filter selebar 3 nm dan beberapa lensa kecilyang akan memfokus cahaya pada avalanche photodiode (APD). Avalanche photodiode (APD) merupakan salah satu jenis fotodioda yang memiliki sensitivitas lebih tinggi dari fotodioda lainnya. APD secara internal melipat gandakan arus foto sinyal primer sebelum memasuki sirkuit penguat sinyal (meningkatkan sensitifitas penerima).



Gambar 3. Modul Optik

Ceilometer 8339 memiliki pendekripsi khusus untuk kekotoran jendela optik. Detektor ini akan mengontrol Heater/ Blower untuk menjaga agar jendela optik bersih dari debu, salju, dan air. Blower dan heater terdiri dari motor pengipas dan beberapa resistor yang tersusun secara paralel serta sebuah sensor temperatur.

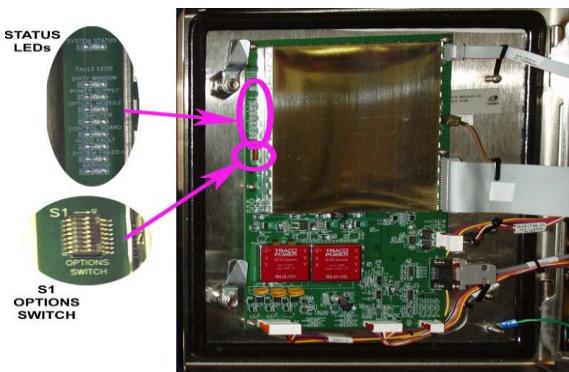
Power Supply merupakan sumber daya bagi Ceilometer 8339. Power supply menerima daya AC dan menyediakan 13.5 V arus DC. Circuit Breaker merupakan saklar pemutus tegangan rangkaian listrik. Keberadaan circuit breaker sangat penting bagi instrumen seperti ceilometer sebagai pengaman apabila terjadi kelebihan arus, hubungan singkat, percikan api dan lainnya.



Gambar 4. Power Supply dan Circuit Breaker

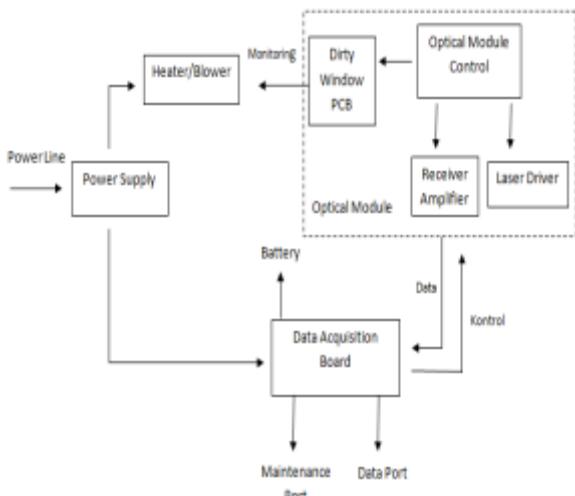
Board akuisisi data merupakan yang mengontrol semua fungsi ceilometer. Board akuisisi

data mengontrol tiga bagian utama alat yaitu interval output, yaitu interval laser ditembakkan ke angkasa, Format data, yaitu mengenai bagaimana hasil pengukuran dilaporkan di monitor observasi, dan Kontrol, atau sebagai pengatur keseluruhan kinerja dan komunikasi alat. Board akuisisi data pada dasarnya adalah sebuah mikroprosesor yaitu Mikroprosesor Motorola Coldfire



Gambar 5. Board Akuisisi Data

Keseluruhan bagian ceilometer AWI 8339 bekerja secara sistematis yang secara sederhana dapat dilihat pada blok diagram Gambar 6.



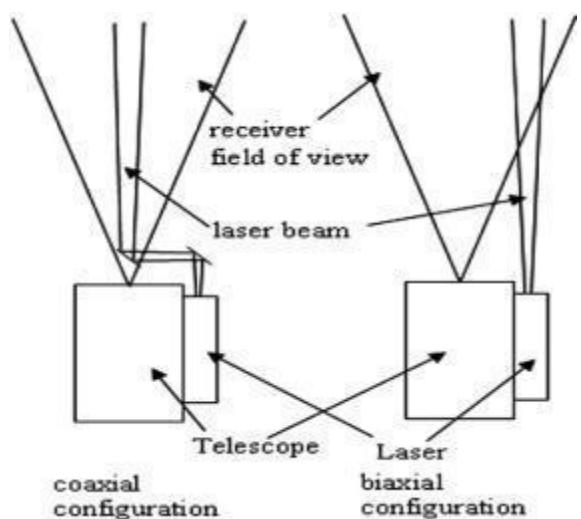
Gambar 6. Blok Diagram Instrumen Ceilometer Allweather 8339

Proses kerja alat akan dimulai dari suplai listrik oleh power supply ke rangkaian elektronik, board akuisisi data akan mengatur interval output yang dibutuhkan lalu memberi sinyal untuk transmitter menembakkan laser ke atmosfer. Data sinar terhambur kembali akan diterima oleh receiver dan di teruskan ke bagian proses data pada mikroprosesor board akuisisi data dengan memanfaatkan jalur komunikasi data. Data yang telah diproses akan dikirimkan ke Unit proses data sentral yang terdapat pada AWOS 3000 untuk nantinya ditampilkan ke monitor baik lewat jalur kabel maupun internet. Sebagai tambahan, apabila jendela

Ceilometer mengalami kekotoran maka dirty window PCB yang terdapat pada optical module akan memberi sinyal kepada heater/blower yang diaktifkan oleh daya yang berasal dari power supply untuk membersihkan jendela optik

Ceilometer AWI 8339 bekerja menggunakan prinsip Lidar (*Light Detection And Ranging*) dimana transmitter alat menembakkan sinar laser ke atmosfer kemudian sinar laser akan berinteraksi dengan berbagai partikel yang ada di udara termasuk awan sehingga menimbulkan hamburan sinar kembali (*backscatter*) yang ditangkap oleh receiver<sup>[10]</sup>. Sinar *backscatter* yang diterima akan diproses menjadi data ketinggian awan dengan hubungan antara tinggi awan (h), kecepatan cahaya laser (c) dan waktu tempuh sinar untuk menuju ke objek hingga terpantul kembali (t) adalah:

Dalam teknik Lidar terdapat dua jenis penyusunan transmitter dan receiver. Susunan pertama adalah coaxial, dimana transmitter dan receiver berada dalam posisi yang sama dan sinyal dipisahkan menggunakan suatu komponen semacam *beam splitter*. Susunan kedua adalah biaxial, dimana transmitter berada di sebelah receiver dengan bidang pancaran mengenai bidang penerimaan receiver pada titik fokus tertentu dan bagian sebelum bidang pancaran receiver dan transmitter bersilangan disebut titik buta alat dan tidak bisa menerima sinyal *backscatter* apapun. Ceilometer AWI 8339 menggunakan susunan biaxial. Perbedaan mendasar antara susunan coaxial dan susunan biaxial dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbedaan Susunan Coaxial Dan Susunan Biaxial Dalam Lidar

Proses terjadinya *backscatter* oleh suatu partikel di atmosfer dapat dijelaskan oleh dua proses tergantung ukuran partikel. Proses tersebut adalah hamburan Rayleigh dan hamburan Mie. Hamburan Rayleigh terjadi apabila partikel penghambur sangat

kecil sekali dibandingkan panjang gelombang sinar sementara hamburan Mie terjadi apabila sinar berinteraksi dengan partikel penghambur dengan ukuran hampir menyamai atau agak lebih besar daripada panjang gelombang sinar<sup>[11]</sup>.

Selain menghasilkan data ketinggian awan secara *real-time* ceilometer AWI 8339 juga mendeteksi banyaknya lapisan awan di atas alat dan banyaknya jumlah awan yang menutupi langit (kondisi langit). Baik data ketinggian, banyak lapisan atau kondisi langit diperoleh dengan memproses sinar *backscatter* menggunakan algoritma tertentu. Khusus untuk ceilometer AWI 8339 algoritma yang digunakan adalah berdasarkan *NWS ASOS Sky Condition algorithm* (Algoritma Kondisi Langit NWS ASOS)

Karena awan selalu bergerak sementara ceilometer dalam keadaan statis sehingga hanya bisa “melihat” awan di atasnya, maka teknik *spatial averaging* yang digunakan pengamat secara manual diganti dengan teknik *time averaging* yaitu teknik memproses data *backscatter* selama selang waktu 30 menit untuk mewakili keadaan keseluruhan area disekitar alat. Dengan menerapkan teknik ini maka algoritma pengukuran ceilometer dapat dilakukan.

Sinar *backscatter* yang telah diterima alat akan diproses dan dipilah menjadi 3 kategori berdasarkan pola *backscatter*-nya yaitu “cloud hit”, “unknown hit”, dan “no hit”. Cloud hit terjadi apabila sinar laser mengenai kerapatan massa jenis yang cukup rapat yaitu awan sehingga terjadi peningkatan jumlah *backscatter* secara mendadak dan menunjukkan pola yang tajam. Unknown hit terjadi apabila sinar laser mengenai kerapatan massa jenis yang tidak terlalu rapat sehingga pola peningkatan *backscatter* tidak begitu tajam. Hal ini biasa terjadi ketika laser mengenai kabut tebal atau presipitasi sehingga alat tidak melaporkannya sebagai adanya awan. Sedangkan no hit adalah kondisi sinar laser tidak mengenai kerapatan massa jenis apapun dan tidak menghasilkan *backscatter* sehingga diartikan sebagai langit cerah<sup>[12]</sup>.

Data *backscatter* yang diperoleh selama 12 menit kemudian hasil-hasil sampel tersebut dikumpulkan untuk disampel tiap 30 detik sekali.. Selama 30 menit hasil sampel tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam kelompok – kelompok data yang mewakili ketinggian dari 0 ft hingga 12500ft atau 25000 ft apabila terdapat beberapa cloud hit. Data selama 10 menit terakhir diproses 2 kali guna memperoleh hasil yang lebih terkini sehingga selama 30 menit diperoleh 80 buah sampel 30 detik. Delapan puluh sampel tersebut akan dibulatkan kedalam kelompok data baru dengan ketentuan sebagai berikut: data dengan ketinggian antara 0 hingga 5000 ft dibulatkan ke 100 ft terdekat, data dengan ketinggian antara 5000 hingga 10000 ft dibulatkan ke 200 ft terdekat, dan data dengan ketinggian diatas 10000 ft dibulatkan ke 500 ft terdekat, Kelompok data yang

baru ini disebut layer. Alat nantinya akan memilih antara 1 sampai 3 layer untuk ditampilkan di monitor yang akan menampilkan data keluaran seluruh sensor AWOS 3000 baik menggunakan kabel maupun menggunakan jaringan internet sesuai ketentuan format laporan METAR/SPECI (NOAA : 1998).

Tabel. 1. Keterangan Kondisi Langit

| Parameter | Definisi  |
|-----------|---|
| MM        | Data yang tersedia tidak cukup untuk menghasilkan output. Laporan yang valid selama 30 menit dibutuhkan untuk menghasilkan data output kondisi langit |
| CLR/NCD   | Kurang dari 6% tertutup awan lapisan apapun   |
| FEW       | Lebih dari 6% tertutup awan dan kurang dari 25% untuk lapisan tertentu  |
| SCT       | Lebih dari 25% tertutup awan dan kurang dari 50% untuk lapisan tertentu   |
| BKN       | Lebih dari 50% tertutup awan dan kurang dari 87.5% untuk lapisan tertentu   |
| OVC       | Lebih dari 87.5% tertutup awan  |

(Sumber : Ceilometer 8339 User’s Manual)

Kondisi langit (*Sky condition*)atau banyaknya tutupan langit oleh awan ditentukan dengan mentotalkan jumlah cloud hit pada tiap layer dan menghitung perbandingan banyak cloud hit dengan total kemungkinan terjadinya cloud hit selama selang waktu 30 menit. Data ini lalu dikonversi ke dalam istilah yang ekuivalen dengan pengamatan manusia sehingga menghasilkan data dengan format seperti yang diterangkan pada Tabel 1. Salah satu contohnya seperti “OVC020 BKN230” yang dilaporkan dalam ratusan *feet* mewakili kondisi Overcast pada 2,000 ft dan Broken pada 23,000 ft.

#### b. Analisis Data Hasil Pengukuran

Data hasil pengukuran ceilometer dapat dilihat pada monitor komputer khusus yang terpasang di ruangan observasi di BIM. Data yang tampil di komputer akan langsung terekam secara otomatis oleh komputer. Tampilan komputer tersebut dapat dilihat pada Gambar 8 tepatnya pada bagian *Sky Condition* 33. Angka 33 pada monitor menunjukkan posisi ceilometer berada pada *runway* nomor 33 lapangan udara



Gambar 8. Tampilan Data Ceilometer Pada Monitor Komputer Ruang Observasi

Pengukuran terhadap ketinggian dasar awan dilakukan selama 14 hari mulai dari 1 Juli 2017 hingga 14 Juli 2017. Pengukuran dilakukan di Bandara Internasional Minangkabau menggunakan Ceilometer AWI 8339. Dari hasil pengukuran yang diperoleh dapat diambil 4 topik yang akan dianalisis.

Topik pertama adalah ketinggian awan yang terukur oleh ceilometer di atas Bandara Internasional Minangkabau. Setelah memplot seluruh data menjadi grafik perhari menjadi diagram batang, dapat diperoleh gambaran mengenai ketinggian awan di BIM mulai tanggal 1 Juli 2017 sampai 14 Juli 2017 untuk beberapa kondisi ekstrim berdasarkan ketinggian dasar awan sebagai berikut :

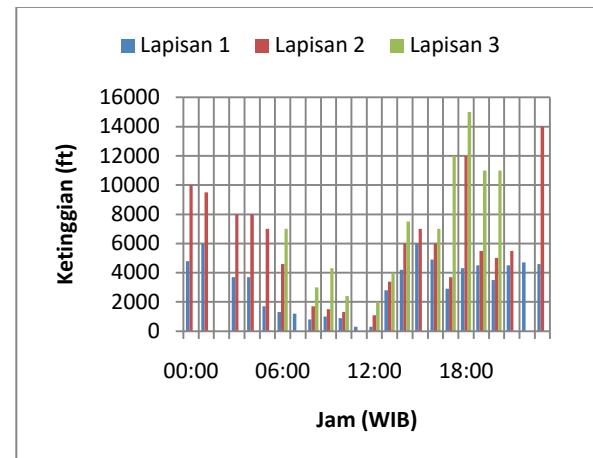
Tabel 2. Interpretasi Data Ketinggian Awan Tanggal 1 Juli 2017 – 14 Juli 2017

| Parameter                              | Keterangan                              |
|--|---|
| Ketinggian awan maksimum yang terukur  | 32000 ft pada 10/7/2017 pukul 19:00 WIB |
| Ketinggian awan minimum yang terukur   | 200 ft pada 9/7/2017 pukul 16:00 WIB    |
| Dasar awan dengan ketinggian tertinggi | 25000 ft pada 5/7/2017 pukul 17:00 WIB  |
| Dasar awan dengan ketinggian terendah  | 200 ft pada 9/7/2017 pukul 16:00 WIB    |
| Tanggal dengan awan tinggi mendominasi | 8/7/2017                                |
| Tanggal dengan awan rendah mendominasi | 7/7/2017                                |

Awan terbagi atas 3 kelompok berdasarkan ketinggiannya. Apabila ketinggiannya dibawah 2 km maka disebut awan rendah. Apabila ketinggiannya antara 2 km hingga 8 km disebut awan menengah. Apabila ketinggiannya antara 8 km hingga 18 km maka disebut awan tinggi. Dalam dunia penerbangan, awan yang berbahaya bagi pesawat adalah awan rendah atau ceiling, dengan kata lain awan dengan

ketinggian diatas 4 oktas. Kondisi BKN (Broken) dan OVC (Overcast) sering dilaporkan sebagai adanya ceiling di langit.

Sebagai contoh pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada tanggal 7 Juli 2017 langit didominasi awan dengan ketinggian rendah dibawah 6500 ft. Awan tertinggi yang terdeteksi berada pada lapisan ke 3 yaitu pada pukul 18.00 dengan ketinggian 15000 ft sementara itu awan dengan ketinggian terendah terjadi pada pukul 11.00 dan 12.00 dengan ketinggian awan pada lapisan pertama yaitu 300 ft



Gambar 9. Ketinggian Awan pada Tanggal 7 Juli 2017

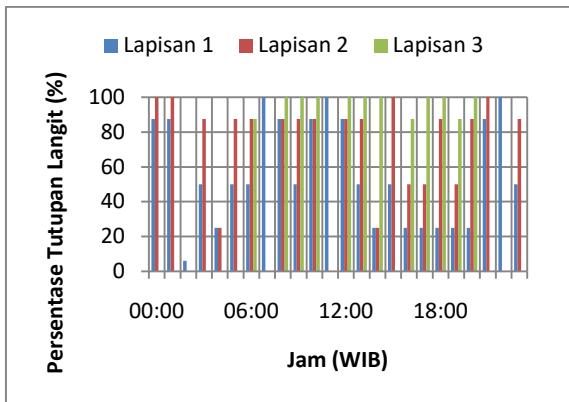
Topik kedua adalah persentase tutupan langit oleh awan. Hal ini mengacu pada kondisi langit. Setelah memplot seluruh data yang diperoleh menjadi diagram batang per hari, maka dapat diketahui bahwa :

Tabel 3. Interpretasi Data Persentase Tutupan Langit Tanggal 1 Juli 2017 – 14 Juli 2017

| Parameter   | Keterangan |
|---|------------|
| Tanggal dengan kondisi langit paling sering cerah (dominan NCD) | 3/7/2017   |
| Tanggal dengan kondisi langit paling sering berawan (minim NCD) | 7/7/2017   |
| Tanggal dimana langit hampir selalu tertutup awan (dominan OVC) | 7/7/2017   |

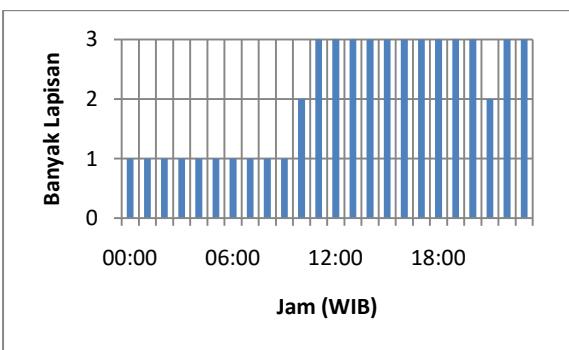
Dengan memplot data 14 hari pengukuran maka terlihat tiga kondisi ekstrim yang berkaitan dengan jumlah tutupan langit oleh awan atau kondisi langit. Salah satunya yaitu kondisi dimana langit hampir selalu ditutupi awan atau jarang terdeteksi adanya awan atau NCD yang terjadi pada 7 Juli 2017 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. Terlihat bahwa langit selalu ditutupi awan kecuali pada pukul 2.00 dimana kondisi NCD terjadi. Langit pada tanggal 7 Juli tidak hanya didominasi awan tapi juga

didominasi kondisi OVC paling banyak selama 14 hari pengukuran dan terjadi baik di lapisan 1, lapisan 2 maupun lapisan 3. Tercatat bahwa kecuali pada pukul 2.00 langit selalu tertutup awan sebanyak kurang lebih 87.5 % dan 100%



Gambar 10. Persentase Tutupan Langit pada Tanggal 7 Juli 2017

Topik ketiga adalah banyak lapisan awan yang terdeteksi ceilometer. Setelah memplot seluruh grafik perhari, didapatkan bahwa lapisan awan sebanyak 1 lapis paling sering terjadi pada tanggal 3 Juli 2017. Sementara lapisan awan sebanyak 3 lapis paling sering dijumpai tanggal 4 Juli 2017 dan 7 juli 2017. Sebagai contoh pada Gambar 11 terlihat bahwa mulai tengah malam hingga pukul 10.00 pagi langit ditutupi satu lapisan awan namun mulai pukul 11.00 hingga 23.00 langit didominasi awan sebanyak dua sampai tiga lapisan. Dapat kita tarik kesimpulan bahwa pada tanggal 4 Juli 2017 langit didominasi oleh awan tebal.



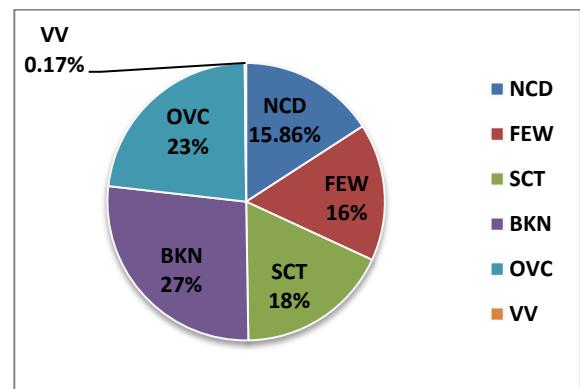
Gambar 11. Jumlah Lapisan Awan yang Terdeteksi Tanggal Tanggal 4 Juli 2017

Topik keempat adalah frekuensi munculnya tiap formasi awan. Selama pengukuran mulai tanggal 1 Juli 2017 hingga 14 Juli 2017 tercatat dari 336 jam pengukuran terjadi 599 formasi awan atau kondisi langit pada tiga lapisan yang berbeda-beda. Kondisi langit bervariasi mulai dari NCD, FEW, SCT, BKN, OVC dan VV.

Tabel 4. Frekuensi Kemunculan Formasi Awan Tanggal 1 Juli 2017 – 14 Juli 2017

| Formasi awan | Frekuensi kemunculan (kali) | Persentase (%) |
|--------------|-----------------------------|----------------|
| NCD          | 95                          | 15.86          |
| FEW          | 96                          | 16.03          |
| SCT          | 107                         | 17.86          |
| BKN          | 162                         | 27.05          |
| OVC          | 138                         | 23.04          |
| VV           | 1                           | 0.17           |

Dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari tabel 5, maka dapat diplot grafik lingkaran mengenai keseluruhan frekuensi kemunculan tiap formasi awan sebagai penentu kondisi langit seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Frekuensi Kemunculan Berbagai Kondisi Awan Pada Tanggal 1 Juli 2017 – 14 Juli 2017

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa mulai tanggal 1 Juli 2017 hingga 14 Juli 2017 formasi awan yang paling sering muncul adalah Broken (BKN) sebanyak 27.05%. Sementara formasi yang yang paling jarang muncul adalah NCD sebanyak 15.86%. Pada tabel juga terlihat kondisi VV sebanyak 0.17%. Kondisi VV merupakan kondisi dimana jarak hanya bernilai ratusan feet sehingga kondisi awan yang ada diatasnya tidak dapat ditentukan.

## b. Pembahasan

Ceilometer Allweather 8339 atau ceilometer AWI 8339 merupakan ceilometer yang menggunakan prinsip lidar dalam beroperasi. Ceilometer AWI 8339 dapat mendeteksi hingga 3 atau 4 lapisan awan secara simultan. Dioda Laser yang digunakan memiliki panjang gelombang sebesar  $905 \pm 10$  nm sehingga dapat berinteraksi dengan partikel-partikel seukuran molekular. Hal ini menyebabkan ceilometer ini dapat mendeteksi berbagai aerosol di udara tidak hanya awan. Ketebalan aerosol di udara ini digunakan alat untuk menentukan *Vertical*

*Visibility* (VV) apabila alat tidak bisa mendeteksi tinggi dasar awan pada kondisi presipitasi tinggi.

Pada data hasil pengukuran selama 14 hari dapat diketahui bahwa ceilometer AWI mampu mengukur ketinggian 3lapisan awan secara sekaligus. Data yang diperoleh adalah data perjam untuk keperluan laporan data namun ceilometer AWI 8339 sebenarnya menampilkan data tiap menitnya pada layar monitor. Hal ini karena ceilometer AWI 8339 melakukan penyampelan data selama 30 menit dan tiap menitnya hasil sampel terbaru selama 30 menit penyampelan tersebut ditampilkan untuk menghasilkan pengukuran yang *real-time*. Setelah data diperoleh data akan diolah. Pengolahan data seperti yang ditampilkan pada Gambar 9 dapat digunakan untuk menentukan ceiling dan pola tinggi dasar awan per hari tiap jamnya.

Walaupun Ceilometer AWI 8339 bekerja dengan baik secara umum, ceilometer AWI 8339 masih memiliki beberapa kelemahan. Karena ceilometer hanya bisa “melihat” langit di atasnya, jumlah tutupan langit oleh awan yang ditampilkan terkadang berbeda dengan yang di amati pengamat. Oleh karena itu di Bandara Internasional Minangkabau pengamatan langsung menggunakan mata pengamat masih dilakukan yang disebut dengan pengamatan synoptik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisis deskriptif yang telah dilakukan pada instrumen Ceilometer Allweather 8339, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ceilometer 8339 menggunakan dioda laser sebagai transmitter yang memancarkan sinar ke atmosfer dan menerima hamburan sinar yang kembali menggunakan receiver yaitu avalanche photodiode (APD). Data waktu tempuh hingga sinar laser terhambur oleh dasar awan rendah dan kecepatan cahaya dapat digunakan untuk menghitung ketinggian dasar awan yang datanya akan direkam dan ditampilkan di komputer secara otomatis.
2. Data hasil analisis tinggi dasar awan di atas Bandara Internasional Minangkabau adalah selama 14 hari pengukuran terdapat berbagai parameter yang dapat diukur. Ketinggian awan yang terukur oleh ceilometer maksimal tercatat pada 10 Juli 2017 yaitu 32000 ft dan hari yang paling didominasi tinggi rendah adalah 8 Juli 2017 sementara awan terendah tercatat pada 9 Juli 2017 yaitu 200 ft dan hari yang paling didominasi awan rendah adalah 7 Juli 2017. Kondisi langit hampir selalu tertutup awan terjadi pada 7 Juli 2017 dan kondisi langit paling sering cerah adalah tanggal 3 Juli 2017. Dari 14 hari pengukuran diperoleh kondisi Broken mendominasi kondisi langit dengan

27.05% sementara kondisi langit cerah (NCD) paling jarang terjadi dengan persentase 15.86%.

Berdasarkan pembahasan pada hasil dan kendala yang dihadapi pada penelitian ini dikemukakan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk Jurusan Fisika, pembahasan mengenai ceilometer ini dapat dijadikan sumber pembelajaran yang bagus terutama mengenai cuaca dan atmosfer
2. Untuk peneliti lain sebaiknya bisa mengembangkan instrumen ceilometer ini agar dapat beroperasi lebih baik lagi dengan ruang lingkup yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Exline, Joseph D, dkk. (2006). *Meteorology: An Educator's Resource for Inquiry-Based Learning for Grades 5-9*. USA: National Aeronautics ans Space Administration
- [2] Vande Hey, Joshua D, (2013). “Design, Implementation, and Characterisation of a Novel Lidar Ceilometer”. *Tesis Tidak Diterbitkan*. Loughborough university
- [3] WMO (2010). *Measurement of Meteorological Variables*. Jenewa : World Meteorological Organization
- [4] Suros, Montserrat Costa. (2014). “Design, Implementation, and Characterisation of a Novel Lidar Ceilometer”. *Tesis Tidak Diterbitkan*. Universitas Girona.
- [5] Liu, Lei, dkk.(2015). “Comparison of Cloud Base Height Derived from a Ground-Based Infrared Cloud Measurement and Two Ceilometers”. *Artikel Penelitian Advance in Meteorology*. Hindawi
- [6] Martucci, dkk (2010).“ A new procedure to perform an absolute calibration of ceilometers”. *Artikel Penelitian*.Federal Office of Meteorology and Climatology, MeteoSwiss, Payerne, Switzerland
- [7] Bonner, Robert S.(1977). *Application Of The An/Gvs-5 LaserC : Rangefinder To Cloud Base Height Measurements*. New Jersey : US Army Electronics Command
- [8] Stevens, Eric L. (1994). “Comparison of Sounding, Profiler, Radar and Ceilometer Data from Porto Santo Island during ASTEX”. *Artikel*. Atmospheric Science Paper No. 551
- [9] Allweather, Inc. (2011). *Cloud Height Indicator Laser Ceilometer 8339 User's Guide*. USA : Allweather, Inc
- [10] Allweather, Inc. (2011). *Laser Ceilometer Model 8339*. USA : Allweather, Inc
- [11] Hanh, David W. (2009).”Light Scattering Theory”. *Artikel*. University of Florida
- [12] NOAA. (1998). *Automate Surface Observing System (ASOS) User's Guide*. USA : National Oceanic and Atmospheric Administration